

© EPODOC / EPO

PN - KR2003001744 A 20030108
PD - 2003-01-08
PR - KR20010037096 20010627
OPD - 2001-06-27
TI - METHOD FOR DEPOSITING TUNGSTEN NITRIDE FILM AND TUNGSTEN FILM
IN - KIM PIL SEUNG [KR]
PA - HYNIX SEMICONDUCTOR INC [KR]
IC - H01L21/203

© WPI / DERWENT

TI - Method for depositing tungsten nitride film and tungsten film
PR - KR20010037096 20010627
PN - KR2003001744 A 20030108 DW200339 H01L21/203 001pp
PA - (HYNIX) HYNIX SEMICONDUCTOR INC
IC - H01L21/203
IN - KIM P S
AB - KR2003001744 NOVELTY - A method for depositing a tungsten nitride film(WNx) and a tungsten film is provided to restrain a line peeling by depositing the WNx/W film at a high temperature, thereby reducing a resistivity and a stress of the WNx and W film.
 - DETAILED DESCRIPTION - A tungsten nitride(WNx) film is deposited by supplying mixed gases of Ar and N2 in the stepper chamber having a tungsten target(11). Then, a tungsten film is deposited on the WNx film by supplying Ar gas. At the time, the WNx and W film are deposited at a high temperature higher than 150deg. C. Also, the deposition pressure of the WNx and W film is 1-40 mTorr.
 - (Dwg.1/10)
OPD - 2001-06-27
AN - 2003-413573 [39]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 대한민국특허청 (KR)
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
H01L 21/203

(11) 공개번호 특2003 - 0001744
(43) 공개일자 2003년01월08일

(21) 출원번호 10 - 2001 - 0037096
(22) 출원일자 2001년06월27일

(71) 출원인 주식회사 하이닉스반도체
경기 이천시 부발읍 아미리 산136 - 1
(72) 발명자 김필승
충청북도청주시흥덕구가경동대원아파트106동906호
(74) 대리인 강용복
김용인

심사청구 : 없음

(54) 텅스텐 질화(WN x)막 및 텅스텐(W)막의 증착 방법

요약

본 발명은 WN_x/W막의 비저항과 스트레스(stress)를 낮추어 저항 감소 및 라인 필링(line peeling)에 대한 억제 효과를 갖도록 한 WN_x 및 W막의 증착 방법에 관한 것으로서, 텅스텐 타겟을 장착한 스퍼터 챔버에서 챔버 내부에 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 WN_x막을 증착하고, 상기 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착하는 방법에 있어서, 상기 WN_x막과 W막을 증착시 150℃ 이상의 온도에서 증착하는 것을 특징으로 한다.

대표도

도 2

색인어
WN_x, W, 스퍼터 챔버, 텅스텐 타겟, 히터

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 WN_x막 및 W막을 증착하기 위한 챔버의 구조를 나타낸 개략도

도 2는 본 발명에 의한 WN_x막 및 W막을 증착하기 위한 챔버의 구조를 나타낸 개략도

도 3은 W 증착 온도에 따른 W_{Nx} 막 및 W막의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프

도 4는 W 증착 온도에 따른 W_{Nx}/W 막의 R_s 특성을 나타낸 그래프

도 5는 W 증착 온도에 따른 W_{Nx}/W 의 스트레스 특성을 나타낸 그래프

도 6은 원자량에 따른 메탈 박막의 스트레스 변화를 나타낸 그래프

도 7은 W 도포 압력에 따른 W_{Nx}/W 막의 스트레스 특성을 나타낸 그래프

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

21 : 텅스텐 타겟 22 : 웨이퍼

23 : 히터

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 반도체 소자의 게이트 전극 형성방법에 관한 것으로, 특히 텅스텐(W)의 결정성을 높이는데 적당한 W_{Nx} 막 및 W막의 증착 방법에 관한 것이다.

일반적으로 반도체 소자의 집적도가 높아짐에 따라 게이트 전극의 선폭 감소와 함께 게이트 전극의 저항이 증가한다.

상기와 같은 게이트 전극의 저항 증가는 소자의 스피드(speed)를 저하시켜 집적도를 높이는데 장애 요인이 된다.

따라서 이러한 문제를 극복하기 위하여 게이트 전극 물질을 폴리 실리콘(poly Si)에서 텅스텐 폴리사이드(W polycide) ($W_{six}/poly$)로의 전환이 이루어졌고, 서브 쿼터 마이크론(sub quarter micron)이하의 소자에서는 그 보다 1오더(1 order)이하의 낮은 저항을 갖는 물질이 필요하다.

한편, 텅스텐 폴리사이드 실리콘 게이트 전극은 950°C 30sec까지 열안정성을 갖고, $0.15\mu\text{m}$ 에서 $1.6\Omega/\square$ 의 R_s 값을 갖는 등 차세대 메탈(metal) 게이트 전극으로서 강력하게 대두되었다.

상기와 같은 게이트 전극에 사용되는 텅스텐은 400°C 이상의 온도에서 산소(oxygen)에 노출되면 그 표면에 WO_3 이 생성되면서 약 3배 가량의 부피 팽창을 수반한다.

따라서 텅스텐을 증착한 후 기존 산소 사용공정(예를 들면, 캡 HLD막 증착, 재산화(reoxidation), 어닐(anneal) 등)을 피하고 Si_3N_4 막과 같은 절연막으로 둘러싸서 산소에 노출되는 것을 방지한다.

그리고 게이트 전극으로 텅스텐/폴리 구조를 채용할 경우 600°C 이상의 온도에서는 계면에서 텅스텐 실리사이드(W_{six})가 생성된다. 폴리 실리콘내에 실리콘 원자의 확산 계수(diffusion coefficient)가 텅스텐에 비해 높기 때문에 텅스텐으로 확산해 들어가는 실리콘 원자의 넷 플럭스(net flux)는 높은 반면 텅스텐 원자의 카운터 플럭스(counter flux)는 낮게 된다.

한편, 게이트 전극으로 사용되는 텅스텐/폴리 계면은 산소나 결함이 존재함으로 이곳을 기점으로 실리콘 원자가 텅스텐으로 빠져나간 자리에 공간(vacancy)이 생성되고 과포화 상태를 지나면서 보이드(void)로 성장한다.

이를 방지하기 위하여 WN_x막과 같은 별도의 베리어(barrier)막이 필요하다.

이하, 첨부된 도면을 참고하여 종래의 WN_x막 및 W막의 증착방법을 설명하면 다음과 같다.

도 1은 종래의 WN_x막 및 W막을 증착하기 위한 챔버의 구조를 나타낸 개략도이다.

도 1에서와 같이, 텅스텐 타겟(target) (11)을 장착한 스퍼터 챔버에서 받침대(12)위에 웨이퍼(13)를 올려놓은 후, Ar 및 N₂ 가스를 공급하고 파워(power)를 인가하여 리액티브 스퍼터링(reactive sputtering)에 의해 웨이퍼(13) 위에 WN_x막을 증착한다.

여기서 상기 웨이퍼(13) 위에는 도시되지 않았지만 게이트 절연막 및 폴리 실리콘막이 증착되어 있다.

이때 증착되는 WN_x막내의 질소 함량은 스퍼터 챔버로 공급된 N₂ 유량에 따라 변화하며 후속 열처리를 통하여 폴리 실리콘막내의 실리콘 원자가 텅스텐으로 확산하여 Ws_{ix}가 일어나지 않도록 충분한 질소 함량을 가진 막질을 확보해야 한다.

또한, 결정화가 되지 않는 비정질 상태로 증착하는 것이 유리한데 그 이유는 결정화가 되면 결정립계면(grain boundary)을 통하여 폴리 실리콘내의 실리콘 원자가 텅스텐으로의 확산이 용이하기 때문이다.

이어, 상기 WN_x막을 증착한 후, 동일 챔버에서 Ar 가스를 공급하고 파워를 인가하여 WN_x막상에 W막을 증착한다.

상기와 같은 WN_x막 및 W막의 증착 방법에는 단일 챔버에서 WN_x막을 증착한 후 곧바로 W막을 증착하는 방법(in-situ deposition)이 있으며, 한 챔버에서 WN_x막을 증착하고, 다른 챔버에서 W막을 증착하는 방법(separate deposition)이 있다.

한편, 인-스튜 WN_x/W 증착방법은 한 챔버에서 WN_x막과 W막을 증착하기 때문에 스페레이티 WN_x/W 증착방법에 비해 이물 측면에서 유리하다.

종래 WN_x막 및 W막의 증착시 막질은 상온 증착시 베타-텅스텐(beta-W)을 가진 결정상이 성장한다.

상기 beta-W는 메타 스테이블 텅스텐 상(meta stable W phase)으로서 W막내의 불순물 함량이 높고 표면이 거칠며 결정화 정도가 안정상인 알파 텅스텐(alpha W)에 비해 떨어지는 결정 구조를 가진다.

따라서 beta W의 결정 구조를 가진 박막의 저항(약 95.7Ω-cm)은 alpha W의 비저항(약 9~20Ω-cm)에 비해 4배 이상 높다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나 상기와 같은 종래의 WN_x막 및 W막의 증착 방법에 있어서 다음과 같은 문제점이 있었다.

첫째, 상온에서 증착된 WN_x막/W막의 비저항은 알파 W의 비저항에 비해 4배 이상 높으므로 게이트 전극(워드라인)의 R_s 저항이 증가하고 소자의 스피드 저하 문제를 유발한다.

둘째, WN_x막/W막의 스트레스가 높아 게이트 전극을 형성하기 위해 식각 후 라인의 CD가 작게 디파인(define)될 경우 필링(peeling) 가능성이 높다.

본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로 W막의 비저항과 스트레스(stress)를 낮추어 저항 감소 및 라인 필링(line peeling)에 대한 억제 효과를 갖도록 한 WN_x 및 W막의 증착 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 WN_x막 및 W막의 증착 방법은 텅스텐 타겟을 장착한 스퍼터 챔버에서 챔버 내부에 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 WN_x막을 증착하고, 상기 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착하는 방법에 있어서, 상기 WN_x막과 W막을 증착시 150℃ 이상의 온도에서 증착하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 WN_x막 및 W막의 증착방법은 텅스텐 타겟을 장착한 스퍼터 챔버에서 챔버 내부에 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 WN_x막을 증착하고, 상기 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착하는 방법에 있어서, 상기 WN_x막과 W막을 증착시 Ar 가스를 1 ~ 40mTorr의 압력으로 증착하는 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 WN_x막 및 W막의 증착 방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 2는 본 발명에 의한 WN_x막 및 W막을 증착하기 위한 챔버의 구조를 나타낸 개략도이다.

도 2에서와 같이, 텅스텐 타겟(target) (21)을 장착한 스퍼터 챔버에서 웨이퍼(게이트 절연막 및 폴리 실리콘막이 형성되어 있음) (22)가 스퍼터 챔버의 내부로 들어가게 되면 리프트 어셈블리(lift assembly)에 의해 들어올려지고 이후 블레이드(blade) (웨이퍼를 챔버간 움직이는 기구)가 챔버밖으로 빠져나가면서 히터(23)가 올라와서 웨이퍼(22)를 들어올리게 된다.

한편, 스퍼터 증착시 웨이퍼(22)와 히터(23)간에 웨이퍼 백사이드(backside) Ar 가스를 흘려서 히터(23)의 온도가 웨이퍼(22)에 전달되도록 한다.

그리고 챔버 내부가 수 mTorr의 압력이 되면 웨이퍼(22)의 온도는 약 2초만에 히터(23)의 온도와 같게 된다.

이후, 파워를 증가시켜 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 웨이퍼(22) 위에 WN_x막을 리액티브 스퍼터링 방식으로 증착한다.

그리고 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착한다.

도 3은 W 증착 온도에 따른 WN_x막 및 W막의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

도 3에서와 같이, 챔버의 온도가 150℃ 이상에서 WN_x/W막의 결정상은 beta W에서 alpha W로 바뀐다. 이후 온도가 150℃ 이상으로 증가하면 온도가 증가함에 따라 alpha W의 결정성이 발달하여 주 피크(peak)인 W(110)의 피크 세기(peak intensity)가 증가한다.

W의 면저항은 16Ω/sq(상온:R.T.)에서 5Ω/sq(150℃)이하로 급격히 감소하며 온도 증가시 W 결정배열이 향상됨으로 인하여 저항이 감소한다.

한편, 증착 온도 증가에 의해 beta W에서 alpha W로 결정상이 바뀌는 것은 웨이퍼의 열에너지에 의해 텅스텐 원자의 결정 배열이 향상되기 때문이다.

도 4는 W 증착 온도에 따른 WN_x/W막의 Rs 특성을 나타낸 그래프이다.

도 4에서와 같이, 150℃ 이상의 온도에서 350℃까지 계속적으로 W의 저항감소가 일어나는데 이것은 W의 결정 성장(grain growth)으로 인하여 결정립이 커지고 결정립계가 감소하면서 결정립계에서 분산되는 전자수가 감소하는데 기인한다.

도 5는 W 증착 온도에 따른 WN_x/W의 스트레스 특성을 나타낸 그래프이다.

도 5에서와 같이, W 증착온도가 증가하면서 WN_x/W 의 스트레스도 감소하는 것을 알 수 있다.

그 이유는 온도가 증가하면서 기판에 도달한 W 원자가 열에너지를 흡수하여 재배열되면서 재결정화와 원자사이의 간격의 변화가 감소함에 따라 내부 스트레스가 감소하기 때문이다.

도 6은 원자량에 따른 메탈 박막의 스트레스 변화를 나타낸 그래프이다.

일반적으로 스퍼터 박막의 존 모델(zone model)에서 비교해 보면 압력이 높을수록 원주형(columnar) 구조의 존 1구조가 형성되는데 이 구조는 높은 저항, 낮은 반사율 그리고 장력 스트레스(tensile stress)를 갖는다.

낮은 압력에서는 이 구조가 억제되면서 에너지 파티클 충격이 일어나므로 W막에 Ar 원자의 혼입(incorporation)이 커진다. 기판의 Ar 가스의 함입량이 늘어나면 박막 내부에서 서로 밀어서 박막이 더 늘어나려 하므로 기판에 의해서 당겨지는 힘 즉, 압축 스트레스가 증가하게 된다.

도 6에서와 같이, W의 도포 압력은 수 mTorr(1 ~ 40mTorr)에서 진행되므로 강한 압축 스트레스를 갖는다.

한편, W막이 압축에서 장력 스트레스로 전환되기 위한 Ar 가스의 압력은 약 40mTorr 수준이고, 스퍼터링 방법에 의한 W막의 스트레스를 낮추기 위해서는 도포 압력을 증가시키는 방법이 있다.

도 7은 W 도포 압력에 따른 WN_x/W 막의 스트레스 특성을 나타낸 그래프이다.

도 7에서와 같이, W 도포 압력을 기존(2.8mTorr)에서 증가시키므로 스트레스가 낮아지는 것을 알 수 있다.

여기서 W막의 스트레스는 스퍼터 증착 후 압축 스트레스이지만 후속 열공정을 받으면 장력 스트레스로 바뀌게 된다. 장력 스트레스가 커지면 막 흡착력(film adhesion)이 약할 경우 필링을 유발하는데 압축 스트레스가 클 경우 열처리후의 장력 스트레스 값도 커지게 된다.

한편, W막 증착 후 캡핑층으로 질화막을 증착하는데 이때 질화막이 장력 스트레스이므로 하지막인 W막이 높은 압축 스트레스인 경우 질화막의 필링이 발생할 수 있는 게이트 에치후에 워드라인 CD가 작을 경우에도 워드라인 필링의 가능성이 커진다.

따라서 본 발명에서와 같이, W 증착시 온도를 증가시키거나 증착 압력을 높이면 스트레스를 감소하여 질화막의 필링이나 워드라인의 필링에 대한 억제 효과가 있다.

발명의 효과

이상에서와 같이 본 발명에 의한 WN_x 막 및 W막의 증착 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

첫째, WN_x/W 막 증착시 고온 증착(150℃이상)을 통하여 준안정상인 beta W에서 안정상인 alpha W의 박막을 얻음으로서 불순물 함량이 낮고 조밀한 구조를 만들 수 있어 WN_x/W 막의 저항을 줄일 수 있다.

둘째, WN_x/W 증착시 고온 증착을 통하여 W 원자 재배열 향상에 기여하므로 재결정화에 따른 격자 미스매치(lattice mismatch) 감소 및 공간이나 불순물 함입 억제효과로 인해 본질적인 스트레스를 줄일 수 있다.

이는 후열공정후에 장력 스트레스값을 낮춤으로서 캡핑 질화막 증착 후 또는 게이트 식각 후 라인 필링에 대한 억제 효과가 있다.

셋째, 도포 압력을 증가시키면서 증착함으로 WN_x/W 의 Ar 함입량 감소에 따른 응력 감소로 압축 스트레스를 줄일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

텅스텐 타겟을 장착한 스퍼터 챔버에서 챔버 내부에 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 WN_x막을 증착하고, 상기 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착하는 방법에 있어서,

상기 WN_x막과 W막을 증착시 150℃이상의 온도에서 증착하는 것을 특징으로 하는 WN_x막 및 W막의 증착방법.

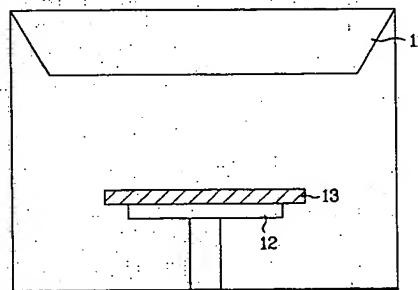
청구항 2.

텅스텐 타겟을 장착한 스퍼터 챔버에서 챔버 내부에 Ar과 N₂ 가스를 공급하여 WN_x막을 증착하고, 상기 N₂ 가스의 공급을 중단하고 Ar 가스만을 공급한 상태에서 파워를 인가하여 W막을 증착하는 방법에 있어서,

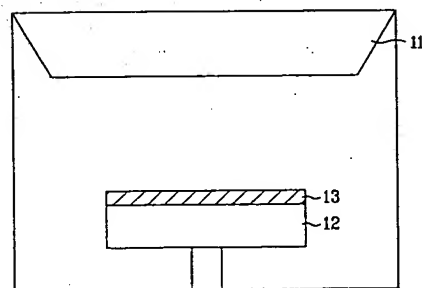
상기 WN_x막과 W막을 증착시 Ar 가스를 1 ~ 40mTor의 압력으로 증착하는 것을 특징으로 하는 WN_x막 및 W막의 증착방법.

도면

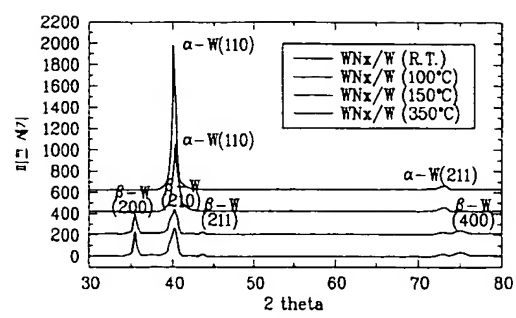
도면 1



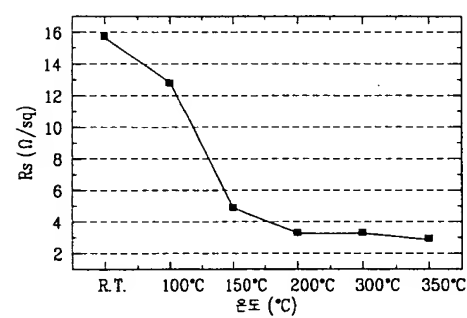
도면 2



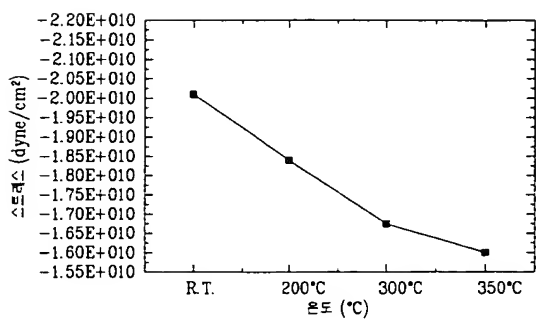
도면 3



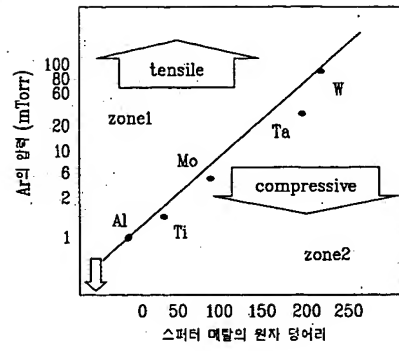
도면 4



도면 5



도면 6



도면 7

